

高职高专国家示范性院校机电类专业课改教材



数控机床PLC控制与调试

—— 基于工作过程系统化的项目实践

李继中 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高职高专国家示范性院校机电类专业课改教材

数控机床 PLC 控制与调试

——基于工作过程系统化的项目实践

李继中 编著

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书分为两个单元。第一单元是“独立型 PLC 及其应用”；第二单元是“实现数控机床的控制功能”——FANUC 0i 系统机床接口及 PMC 程序设计。第一单元包括两个教学/训练项目：“电动机的 PLC 控制”、“智能抢答器的设计与实现”。第二单元包括 11 个教学/训练项目，通过递进的教学/训练项目，让学生逐步掌握数控机床控制功能的编程、调试与实现方法。

本书可作为高等职业技术院校、高等专科学校数控技术及相关专业的教材，也可作为社会从业人员的参考书及培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床 PLC 控制与调试：基于工作过程系统化的项目实践/李继中编著. —西安：西安电子科技大学出版社，2011.9

高职高专国家示范性院校机电类专业课改教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2655 - 0

I. ① 数… II. ① 李… III. ① 可编程序控制器—应用—数控机床—高等职业教育—教材

IV. ① TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 159216 号

策划编辑 杨丕勇

责任编辑 杨丕勇 张俊利

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2011 年 9 月第 1 版 2011 年 9 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 21

字 数 497 千字

印 数 1~3000 册

定 价 33.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2655 - 0/TG · 0031

XDUP 2947001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

前 言

数控机床的人机接口、操作与控制功能由数控系统的 PLC(可编程控制器)或 PMC(机床可编程控制器)与 NC(数控装置)配合,通过 PLC 或 PMC 编程与调试、NC 参数设置等环节实现。因此,“数控机床 PLC 控制与调试”是数控技术专业的核心课程,其内容是数控技术专业的教学重点和难点,相关的技能也是数控机床生产、调试与维修等岗位的核心能力。

本书从工作岗位的任务出发,按照工作过程系统化的要求,将知识、技能、职业素养等要素融为一体;同时按照教育教学的认知规律,序化课程的教学内容,实现教学内容的进阶。本书的突出特色是知识模块化、技能项目化,知识与技能相配套,同时实现知识、技能的进阶。在内容编排上,本书先从感性出发,经过训练与验证后,再到理性,总结知识,形成体系,突出高职教育教学的规律和特点。

本书内容分为两个单元。第一单元是“独立型 PLC 及其应用”;第二单元是“实现数控机床的控制功能——FANUC Oi 系统机床接口及 PMC 程序设计”。第一单元包括两个教学/训练项目,其教学目的是让学生掌握独立型 PLC 的工作原理、基本指令、功能指令、编程与调试、控制系统的构成与连接等内容,为第二单元的教学与训练打好基础。第二单元包括 11 个教学/训练项目,通过递进的教学/训练项目,让学生逐步掌握数控机床控制功能的编程、调试与实现方法。

根据产品目前所占市场份额,本书在介绍独立型 PLC 时主要以 MITSUBISHI(三菱)公司的 FX2N 系列产品为教学/训练载体,让学生掌握独立型 PLC 的应用;数控系统以日本发那科公司的 FANUC Oi 系列产品为教学/训练载体,让学生掌握数控机床控制功能的实现方法。

作者建议应注重教学与训练两个方面。教学中,注意第一单元与第二单元内容间的过渡。由于独立型 PLC 主要是模块化结构,而数控系统中的 PLC 或 PMC 主要是嵌入式结构,二者在结构形式上有较大的差别,其接口连接间的差别更大,在教学/训练时,一定要把握好两者间的过渡。可以采用对比的方法,重点弄清楚数控系统中 PLC/PMC 的接口、连接、信号关系;同时要把把握好两者的指令、编程方法、调试方法的特点和区别。

本书内容建立在全国首批高职示范院校建设成果的基础之上,也是深圳职业

技术学院数控技术专业课程建设与教学的实践成果，是广东省精品课程《数控机床控制技术》的核心内容。

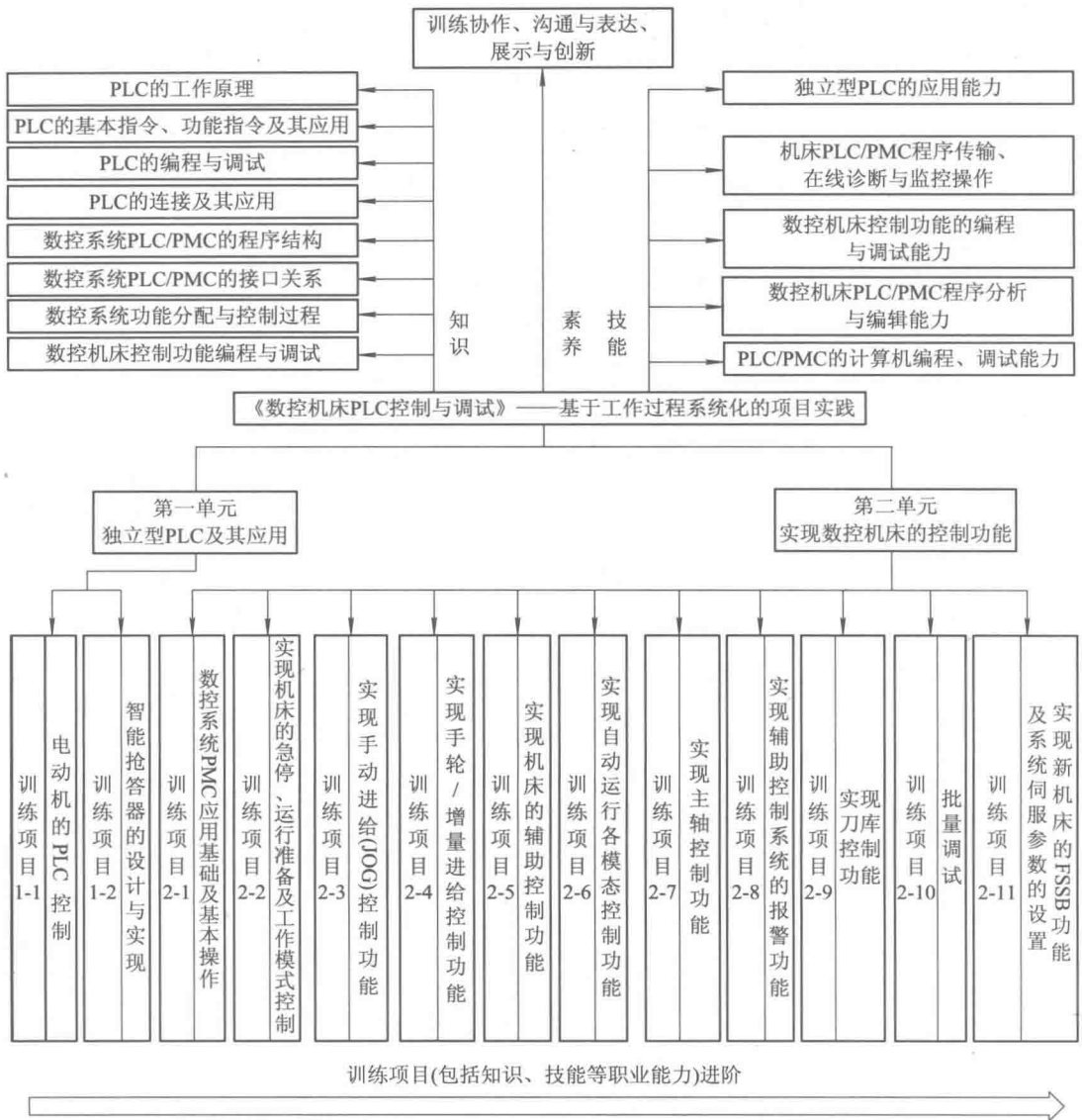
在本书的编写过程中，深圳职业技术学院数控技术专业全体同仁给予了大力支持，尤其是王明友老师、阮友德老师提供了大量的工程案例和实训设备开发的素材，北京发那科机电有限公司也提供了大力支持，在此一并表示感谢！

由于编著者水平有限，书中难免有不足之处，涉及的教学模式改革与探索也在深入实践中，恳请广大读者和同仁批评指正，也欢迎大家一起交流。

编著者

2011年4月

本书内容安排



目 录

第一单元 独立型 PLC 及其应用	1
训练项目 1-1: 电动机的 PLC 控制	1
训练项目 1-2: 智能抢答器的设计与实现	51
第二单元 实现数控机床的控制功能	74
训练项目 2-1: 数控系统 PMC 应用基础及基本操作	74
训练项目 2-2: 实现机床的急停、运行准备及工作模式控制	97
训练项目 2-3: 实现手动进给(JOG)控制功能	112
训练项目 2-4: 实现手轮/增量进给控制功能	140
训练项目 2-5: 实现机床的辅助控制功能	147
训练项目 2-6: 实现自动运行各模态控制功能	158
训练项目 2-7: 实现主轴控制功能	174
训练项目 2-8: 实现辅助控制系统的报警功能	195
训练项目 2-9: 实现刀库控制功能	198
训练项目 2-10: 批量调试	238
训练项目 2-11: 实现新机床的 FSSB 功能及系统伺服参数的设置	251
附录 A 有关 FANUC 系统的表与图	261
附录 B FANUC Oi 系统 PMC 功能指令一览表(PMC-SB7)	288
附录 C 数控机床 PMC 参考程序	290
参考文献	328



第一单元 独立型 PLC 及其应用

第一单元包括两个教学/训练项目：“电动机的 PLC 控制”和“智能抢答器的设计与实现”。“电动机的 PLC 控制”项目以三相交流异步电动机为载体，通过对电动机启动、正反转控制等环节的教学与训练，学生应掌握独立型 PLC(可编程控制器)的工作原理、基本指令、接口分配及控制系统的连接、编程方法与调试等内容。“智能抢答器的设计与实现”项目以 9 路竞争抢答器的设计与调试为载体，通过项目的教学与训练，使学生掌握独立型 PLC 功能指令的编程与应用。在完成了第一单元的教学与训练后，学生应具备 PLC 基本工业控制系统设计与调试的能力。

训练项目 1-1：电动机的 PLC 控制

[项目背景及条件保障] 该项目建立在学生具备基本的低压电气控制知识与技能基础之上。若学生没有这方面的知识和技能基础，则必须结合项目的教学/训练内容加以补充。尤其是安全操作方面，训练时，必须保证学生的人身安全和设备安全。指导教师必须先演示、讲解训练内容，并在具备安全防护措施之后，方能让学生分组或独立实施训练。学生训练时，连接的设备经指导教师检查无误后，方可通电。具体操作可参照以下规程进行。

- (1) 指导教师演示、讲解训练内容，并宣讲安全操作规程。
- (2) 学生以小组形式开展训练，小组人员应分工协作。
- (3) 学生必须在训练台不通电的状态下进行控制线路的连接，指导教师掌控好总电源开关，在检查线路连接正确后，方能通电调试。
- (4) 对于一个班(20 人以上)，指导教师至少配置 2 人。
- (5) 所有训练设备的供配电必须配置自保护装置，在触电与电源短路时起到保护作用，避免发生人身、财产安全事故。
- (6) 实训室必须配置必要的安全防护设施及外伤药品等。

建议教学/训练学时：12

一、学习目标

通过教学与训练，学生应掌握可编程控制器(PLC)的工作原理、内部资源、控制系统连接、基本逻辑指令及其应用、编程及其调试方法等内容；能承担简单的 PLC 控制系统的设计与调试任务。



二、学习内容

- (1) PLC 的连接。
- (2) PLC 的工作原理。
- (3) PLC 的内部资源。
- (4) PLC 的基本逻辑指令。
- (5) PLC 的控制环节。
- (6) 手持编程器的使用。
- (7) PLC 的应用编程与调试。
- (8) 电动机正反转的 PLC 控制。
- (9) 电动机星形-三角形换接启动的 PLC 控制。

三、训练设备

训练设备如图 1-1-1 所示。

- (1) 三相交流异步电动机。
- (2) PLC 综合实训台及连接线。
- (3) 手持编程器。

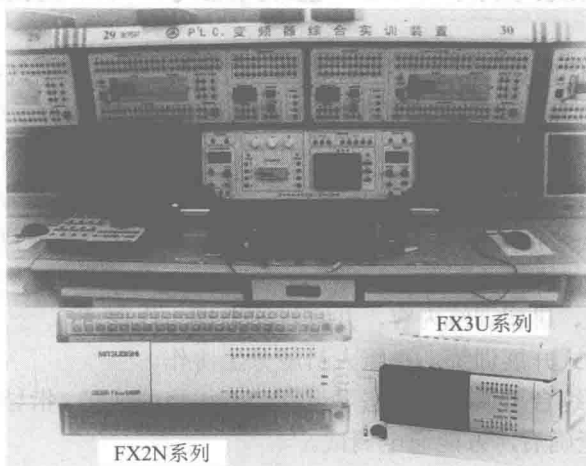


图 1-1-1 实现电动机 PLC 控制的训练设备

四、训练要求

- (1) 具备电气控制知识与基本技能。
- (2) 按章程操作，谨防发生触电与电源短路事故。
- (3) 分组实训，接线、检查，分工协作。
- (4) 严禁将 AC220 V 或 AC380 V 电源引入 PLC 的输入端，避免烧毁 PLC。
- (5) 保证电动机运行顺畅，避免与连线或衣物等缠绕，确保通电后安全运行。
- (6) 能演示训练内容，并能回答随堂提问。



(7) 训练结束后, 整理好训练台和设备。

五、训练任务

(一) 电动机的启动、保持、停机

[建议] 在进行电动机的 PLC 控制教学与训练前, 先让学生巩固或训练电动机的电气控制关系, 尤其是点动控制与自保持控制。

1) 电气控制

电动机启动、保持、停机的电气控制线路如图 1-1-2 所示。

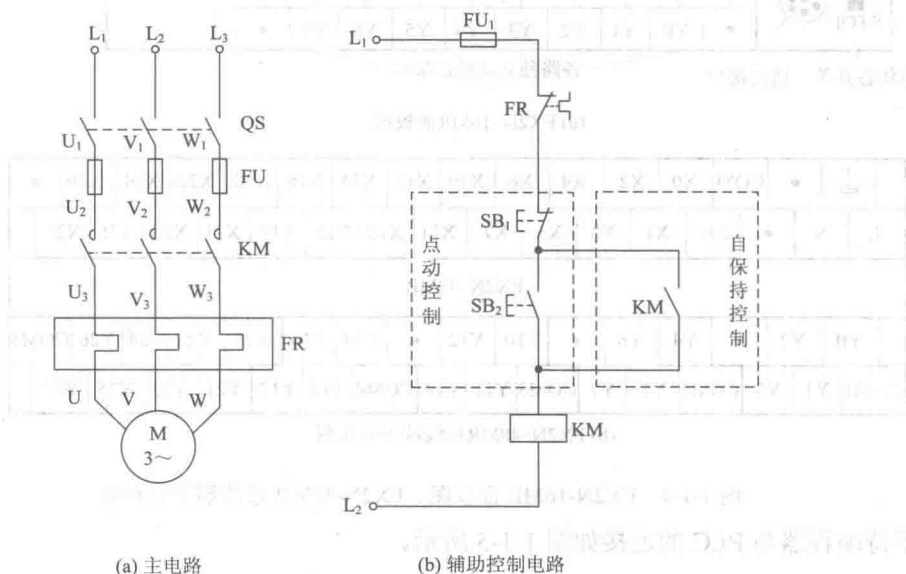


图 1-1-2 电动机启动、保持、停机的电气控制线路

图 1-1-2 中的 L_1 、 L_2 、 L_3 分别为 AC380V 三相电源供电线, FU 为熔断器, QS 为自保护开关, KM 为交流接触器, FR 为热继电器, M 为三相笼型交流异步电动机, SB_1 为停机按钮, SB_2 为启动按钮。

[思考题] 点动控制连接与自保持控制连接的区别是什么? 说明其原理, 并能否快速地演示其运行状态?

2) PLC 结构与接口分布

三菱 FX2N 及 FX3U 系列 PLC 的外形如图 1-1-3 所示。

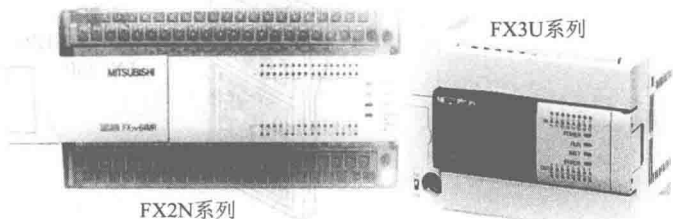
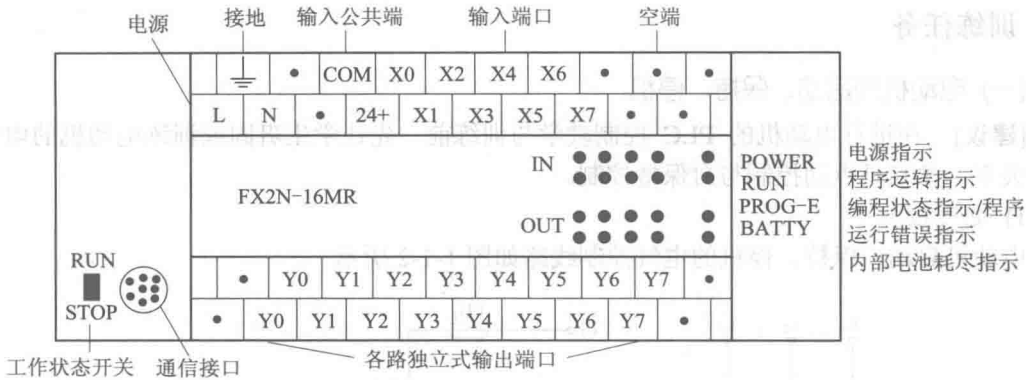


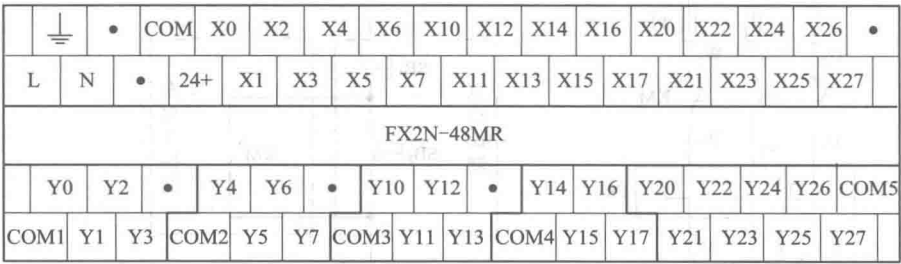
图 1-1-3 三菱 FX2N 及 FX3U 系列的 PLC 外形图



FX2N 系列 PLC 的面板及输入/输出端子的分布如图 1-1-4 所示。



(a) FX2N-16MR 面板图



(b) FX2N-48MR 接线端子分布图

图 1-1-4 FX2N-16MR 面板图、FX2N-48MR 接线端子分布图

手持编程器与 PLC 的连接如图 1-1-5 所示。

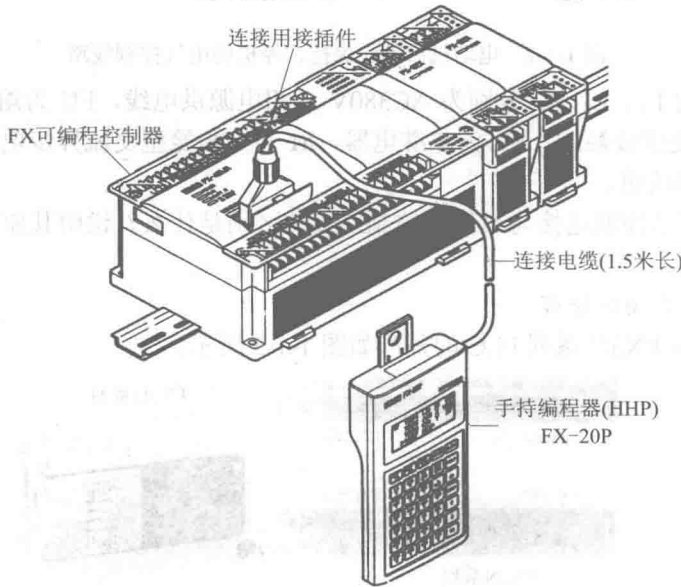


图 1-1-5 手持编程器与 PLC 的连接



手持编程器的面板如图 1-1-6 所示。

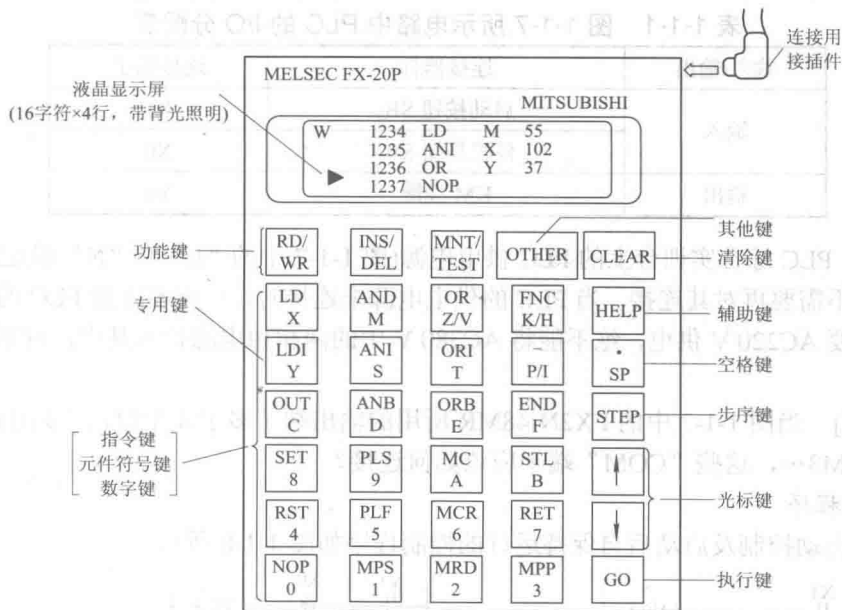


图 1-1-6 手持编程器面板布局

3) 对应的 PLC 控制连接

电动机启动、保持、停机对应的 PLC 控制连接如图 1-1-7 所示, 其中 FX2N-16MR 和 FX2N-48MR 的输出连接因端子结构不同而有所差别。

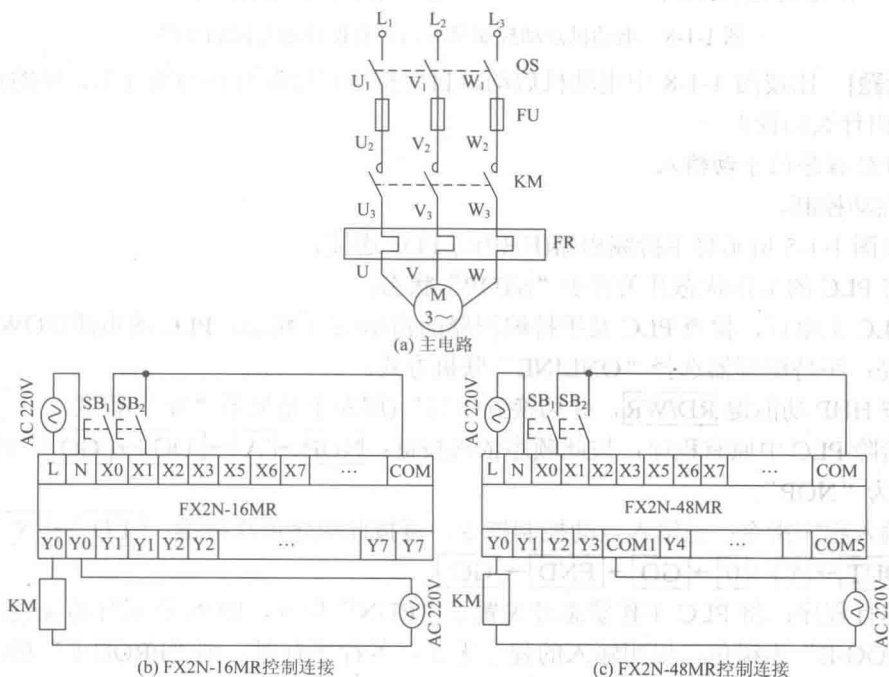


图 1-1-7 电动机启动、保持、停机的 PLC 控制连接



图中对应的 I/O(输入/输出)分配如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 图 1-1-7 所示电路中 PLC 的 I/O 分配表

输入/输出	连接器件	连接端子
输入	启动按钮 SB ₂	X1
	停机按钮 SB ₁	X0
输出	KM 线圈	Y0

[注意] PLC 综合实训台上的 PLC 供电电源(图 1-1-7 中的“L”和“N”端)已连好, 学生训练时, 不需要再对其连接。当 PLC 的供电电源未连接时, 一定要注意 PLC 的供电电源规格, 若需要 AC220 V 供电, 绝不能将 AC380 V 中的两相相电源接入其中, 否则, PLC 将被烧毁!

[思考题] 当图 1-1-7 中的 FX2N-48MR 所用的输出端子多于 4 个时, 需要用到 COM1、COM2、COM3…, 这些“COM”端子应该如何连接?

4) 控制程序

电动机点动控制及启动后自保持运行的控制程序如图 1-1-8 所示。



图 1-1-8 电动机点动控制及启动后自保持运行控制程序

[思考题] 比较图 1-1-8 中电动机启动后自保持运行控制程序与图 1-1-2 中的辅助电路图, 能得出什么结论?

5) PLC 程序的手动输入

(1) 点动控制。

- ① 按图 1-1-5 所示将手持编程器(HHP)与 PLC 连接。
- ② 将 PLC 的工作状态开关置于“STOP”状态。
- ③ PLC 上电后, 检查 PLC 及手持编程器的指示/显示状态: PLC 的电源(POWER)指示灯(绿色)亮; 手持编程器选择“ONLINE”联机方式。
- ④ 按 HHP 功能键 **RD/WR**, 并切换到“写”(屏左上角显示“W”)模式。
- ⑤ 清除 PLC 中原有程序: 按此顺序依次按键: **NOP**→**A**→**OG**→**GO**, 此时 HHP 显示全部为“NOP”。
- ⑥ 输入程序指令: 先输入点动控制指令, 再按此顺序依次按键: **LD**→**X**→**1**→**GO**→**OUT**→**Y**→**0**→**GO**→**END**→**GO**。
- ⑦ 运行程序: 将 PLC 工作状态开关置于“RUN”位置, RUN 指示灯为绿色, 程序指示灯“PROG-E”为绿色, 说明输入的程序无误; 若程序有误, 则“PROG-E”指示灯为红色, 并闪烁, 此时需要检查输入的程序。
- ⑧ 按启动按钮 SB₂, 观察 PLC 输入/输出端口指示灯状态及电动机的运行状态。



(2) 启动后自保持运行。

- ① 将 PLC 的工作状态开关置于“STOP”位置。
- ② 修改 PLC 程序：可在点动控制程序的基础上修改，也可以先清除全部程序后再输入该程序。

下面说明如何在点动控制程序的基础上进行修改：

- ◎ 按 HHP 功能键 DEL/INS 键，并切换到“插入”模式(显示为“I”)。
 - ◎ 将光标置于“OUT Y0”行。
 - ◎ 添加“OR Y0”指令：按此顺序依次按键： $\boxed{\text{OR}} \rightarrow \boxed{\text{Y}} \rightarrow \boxed{0} \rightarrow \boxed{\text{GO}}$ 。
 - ◎ 添加“ANI X0”指令：按此顺序依次按键： $\boxed{\text{ANI}} \rightarrow \boxed{\text{X}} \rightarrow \boxed{0} \rightarrow \boxed{\text{GO}}$ 。
- ③ 运行程序：将 PLC 的工作状态开关置于“RUN”位置(指示灯为绿色)，若“PROG-E”指示灯为绿色，则程序正确；若“PROG-E”指示灯为红色并闪烁，则程序有错误。
- ④ 启动运行：按启动按钮“SB₂”，观察 PLC 输入/输出端口指示灯状态及电动机运行状态，并与点动控制进行比较；按停机按钮，观察 PLC 输入/输出端口指示灯状态及电动机运行状态。

[思考题] “启动后自保持运行”控制是如何实现的？

(二) 电动机的正反转控制

[教学建议] (1) 以下不带 PLC 控制的电气控制训练项目可以由指导教师演示和对比讲解，而不需要学生自己操作，但教师必须将相关的知识点讲清楚。

(2) 讲授与演示电动机的 PLC 控制部分时，教师可以循序渐进地按以下编制的内容顺序进行讲解，但学生训练时应反过来进行，即先从最复杂的内容开始练习，再逐步删减相关程序，实现对应的简单控制功能，加深学生对该部分内容的体会，提高学生的灵活应用能力。

(3) 避免发生触电及电源短路事故。

1. 电动机的“正转—停机—反转”电气控制关系

电动机“正转—停机—反转”电气控制关系如图 1-1-9 所示。

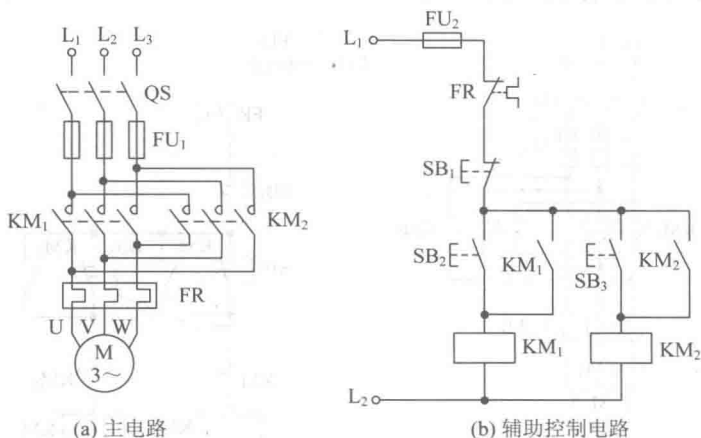


图 1-1-9 电动机“正转—停机—反转”电气控制关系

图中“KM₁”为电动机正转控制交流接触器、“KM₂”为电动机反转控制交流接触器、“SB₂”为正转启动按钮、“SB₃”为反转启动按钮，其他与图 1-1-2 中对应项相同。



【思考题】电动机正反转切换控制的原理是什么？如何实现？ KM_1 和 KM_2 的主触点的连接有何区别？图 1-1-9 所示控制线路能否实现电动机正转与反转的直接切换？为什么？存在什么安全问题？在操作时应注意什么？图 1-1-9 所示的辅助控制电路中包含哪些控制环节？

2. 安全、可靠的电动机“正转—停机—反转”电气控制关系

安全可靠的电动机“正转—停机—反转”或“反转—停机—正转”电气控制关系如图1-1-10所示。

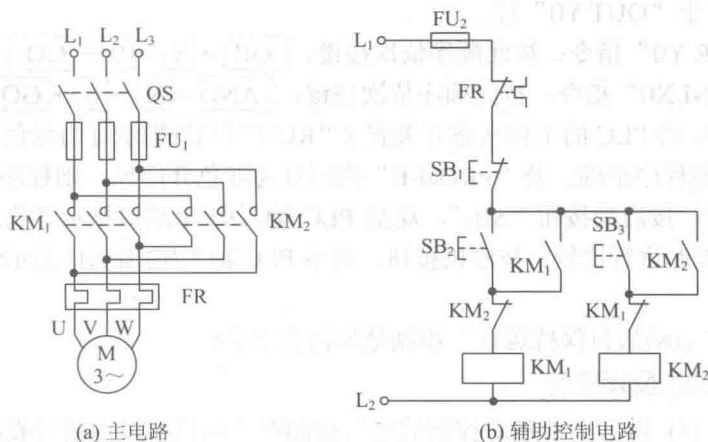


图 1-1-10 带输出联锁的电动机正转—停机—反转控制电路

【思考题】图 1-1-10 中的电动机能否实现“正转”直接向“反转”切换？为什么？与图 1-1-9 所示电路比较，两者区别是什么？图 1-1-10 所示电路有哪些优势？图 1-1-10 所示辅助控制电路中包括哪些控制环节？

3. 电动机的“正转—反转—停机”电气控制关系

电动机正转和反转直接切换的电气控制连接如图 1-1-11 所示, 电动机的正反转切换或反反转切换不需要中间的停机控制。

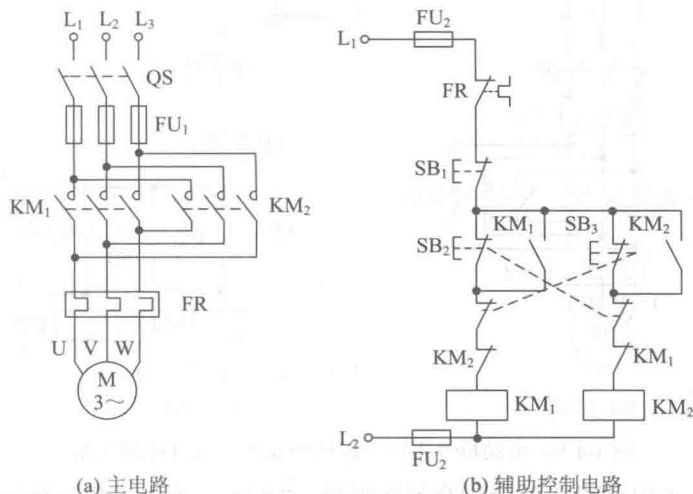


图 1-1-11 带复合联锁的电动机正转—反转—停机控制电路



图 1-1-11 中存在启动按钮与交流接触器间的双重联锁环节,正、反转启动按钮“SB₂”、“SB₃”为双触点(常开、常闭)按钮,可直接实现正转—反转或反转—正转间的切换。在综合实训台上训练时,可能会出现因空气开关跳闸而无法实现正、反转直接切换的现象。

[思考题] 图 1-1-11 电路在电动机正反转直接切换时,为什么会出现空气开关跳闸现象?比较图 1-1-9、图 1-1-10、图 1-1-11 的辅助控制电路,能得出什么结论?

4. 电动机正反转的 PLC 控制

1) PLC 控制电动机正反转的电气连接

PLC 控制电动机正反转的电气连接关系如图 1-1-12 所示。

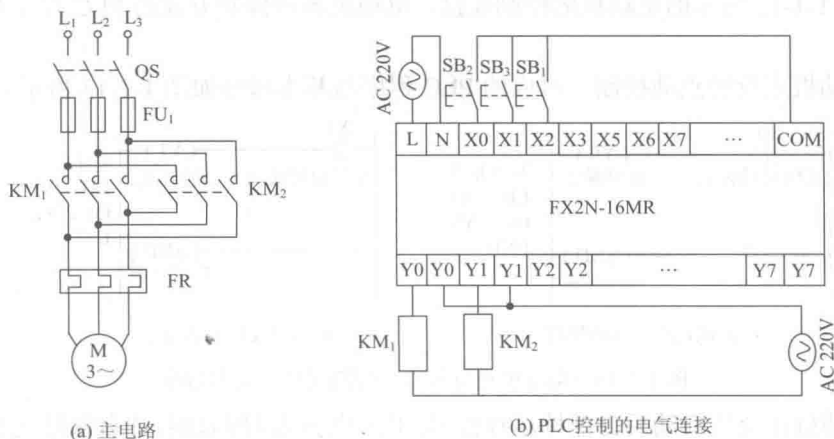


图 1-1-12 PLC 控制电动机正反转的连接

图 1-1-12 中的 PLC 为 FX2N-16MR, 输入、输出端各 8 个点, 且各输出点均为独立输出, 无公共连接端。输入端为 X0~X7, 输出端分别为(Y0~Y0)~(Y7~Y7)。

[思考题] 若选用 FX2N-48MR 型 PLC, 则图 1-1-12 中对应的输出端应如何连接?

图 1-1-12 所示的电动机控制连接图可通过 PLC 的编程实现以下控制功能:

- (1) 电动机点动控制。
- (2) 电动机正反转控制启动后的自保持控制。
- (3) 电动机正转—停机—反转切换控制或反转—停机—正转切换控制。
- (4) 电动机的正转—反转直接切换或反转—正转直接切换控制。

因此, 对比图 1-1-2、图 1-1-9、图 1-1-10、图 1-1-11, PLC 控制的连接关系简洁, 应用范围广, 实现更加灵活, 连接更加方便。按 PLC 的输入、输出端分开连接, 不易出错。

图 1-1-12 中, PLC 的 I/O 分配如表 1-1-2 所示。

表 1-1-2 图 1-1-12 所示电动机正反转控制电路中 PLC 的 I/O 分配表

输入/输出	连接器件	连接端子
输入(I)	电动机正转启动按钮(SB ₂)	X0
	电动机反转启动按钮(SB ₃)	X1
	停机按钮(SB ₁)	X2
输出(O)	正转控制接触器线圈(KM ₁)	Y0
	反转控制接触器线圈(KM ₂)	Y1



2) 编程与调试

三菱 PLC 的编程与调试有两种方式。

◎ 通过手持编程器(HPP)，手工调试。

◎ 通过计算机和编程调试软件(GX Developer)调试。

在本训练项目中只介绍手工调试，计算机编程与调试将在下一个教学/训练项目中介绍。

在输入和调试 PLC 程序时，必须将 PLC 的“RUN/STOP”工作状态开关置于“STOP”挡，待程序输入和调试完后，再将开关置于“RUN”挡，若程序无错，则 PLC 面板上的“RUN”指示灯(绿色)点亮；若程序有错，则“PROG-E”指示灯(红色)点亮。

基于图 1-1-12 所示的电动机的控制连接，电动机各种控制方式的 PLC 程序与基本指令如下。

(1) 电动机正反转点动控制。对应的 PLC 程序与基本指令如图 1-1-13 所示。

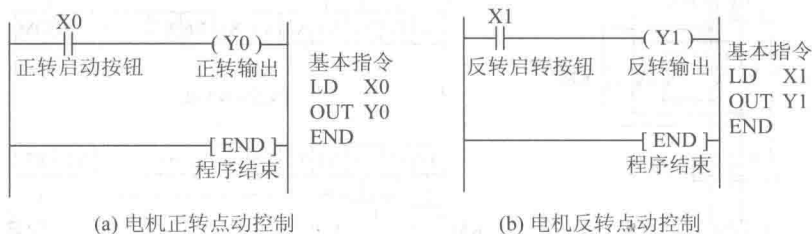


图 1-1-13 电动机正反转点动控制程序与基本指令

(2) 电动机正反转启动后自保持运行控制。电动机正反转启动后的自保持运行控制程序与基本指令如图 1-1-14 所示。

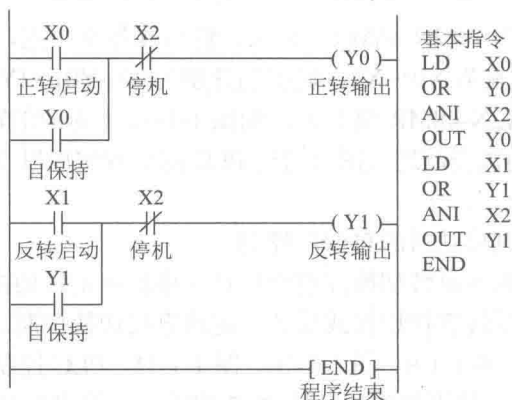


图 1-1-14 电动机正反转启动后自保持运行控制程序与基本指令

[注意] 图 1-1-14 所示控制程序在电动机正转或反转启动后，需要进行正、反转控制切换时，必须先按停机按钮后，才能进行切换，否则会发生电源短路现象！

[思考题] 图 1-1-14 所示控制程序在进行正、反转直接切换时，为什么会发生电源短路现象？

(3) 电动机正转—停机—反转控制或反转—停机—正转控制。电动机正转—停机—反转控制或反转—停机—正转(切换时，中间必须通过“停机”控制环节)的控制程序和基本指令如图 1-1-15 所示。